

**Влияние абиотических факторов среды
на прирост побегов *Juniperus excelsa* М.-Вieb. в Горном Крыму**

Influence of abiotic environmental factors on the growth of shoots of *Juniperus excelsa* М.-Вieb. in the Crimean Mountains

Коренькова О. О.

Keronkova O. O.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия. E-mail: o.o.korenkova@mail.ru
Nikitsky Botanical Garden – National Science Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia

Реферат. В статье приведены результаты изучения сезонного роста побегов *Juniperus excelsa* в связи с абиотическими факторами, среди которых особенности погодных и орографических условий произрастания. Установлено, что на рост вегетативных органов можжевельника наиболее заметное влияние оказывает количество осадков в период с февраля по июнь. Максимальный прирост побегов (5,29 см) отмечен в 2021 г., который характеризовался повышенным количеством атмосферных осадков, количество которых ставило от 322 мм до 437 мм. В западной части насаждений Горного Крыма годовой прирост выше в сравнении с центральной и восточной. Определена степень влияния орографических факторов. Установлено, что сила влияния высоты места произрастания составляет 43%, в засушливые годы интенсивность влияния данного фактора снижается. Выявлена связь величины годового прироста побегов *J. excelsa* с показателями почвенных условий и экспозиции склона. Максимальный прирост (3,6 см) отмечен на пробных площадях, с эдактопом В1, минимальный (2,3 см) – на В₀ и С₁. На склонах с восточной и юго-западной экспозициями величина прироста выше по сравнению с другими экспозициями.

Ключевые слова. Абиотические факторы, лесорастительные условия, популяция, прирост побегов, *Juniperus excelsa*.

Summary. The article presents the results of studying the seasonal growth of *Juniperus excelsa* shoots according to abiotic factors, including features of weather and orographic conditions of growth. It has been established that the growth of juniper vegetative organs is most significantly affected by the amount of precipitation in the period from February to June. The maximum growth of shoots (5.29 cm) was noted in 2021, which was characterized by an increased amount of precipitation, the amount of which ranged from 322 mm to 437 mm. In the western part of the plantations of the Crimean Mountains, the annual increase is higher in comparison with the central and eastern ones. The degree of influence of orographic factors was determined. It has been established that influence of elevation is 43 %; in dry years, the intensity of the influence of this factor decreases. The relationship between the annual increase in shoots of *J. excelsa* and the indicators of soil conditions and slope exposure was revealed. The maximum growth (3.6 cm) was noted on the trial plots with B1 edatope, the minimum (2.3 cm) on B₀ and C₁. On slopes with eastern and southwestern exposures, the increase is higher compared to other exposures.

Key words. Abiotic factors, forest conditions, *Juniperus excelsa*, population, shoot growth.

Введение. Одной из лесообразующих пород Крыма является *Juniperus excelsa* М.-Вieb. Данный вид самый многочисленный среди всех крымских видов можжевельника. В настоящее время его ареал разорван и представлен отдельными локалитетами по всему Горному Крыму от Инкермана до Судака.

Представляет собой двудомное, реже однодомное дерево высотой до 20–25 м. Хвоя на взрослых особях обычно чешуевидная, черепитчатая длиной 0,5–1,5 мм и шириной 0,5–1 мм. Шишковые шишки в диаметре 6–12 мм созревают на второй год, содержат по 3–6 семян, 4–6 мм длиной и 3–4 мм шириной. Распространен *J. excelsa* в Албании, Болгарии, Греции, России, Азербайджане, Грузии, Кипре, Иране, Ираке, Ливане, Сирии, Турции. Занимает местообитания от горных хвойных лесов до верхних горных степей с преобладанием ксерофитов, в высотном диапазоне от 0 до 3950 м над ур. м. Образует леса с *Pinus gerardiana* Wall. ex D. Don, *Pinus wallichiana* A. B. Jacks., *Cedrus deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don, *Abies pindrow*

(Royle ex D. Don) Royle. В лиственных лесах встречается совместно с *Juglans nigra* L., *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem., *Carpinus* sp., *Crataegus* sp., *Prunus* sp., *Sorbus* sp. В высокогорьях образует чистые можжевельниковые редколесья на осыпях и выходах материнской породы (Adams, 2014; Farjon, 2017; Yousefi et al., 2021).

J. excelsa включен в Красную книгу Республики Крым и Красную книгу города Севастополя в статусе «сокращающийся в численности». Отмечено, что возобновление вида лимитировано пониженной семенной продуктивностью и антропогенным прессингом. В результате чего возникает необходимость в более детальном изучении вопросов роста и развития особей в популяции и, как следствие, разработки комплекса мероприятий по их поддержанию и восстановлению (Фатерыга, 2015; Фатерыга, Бондарева, 2018).

Исходя из чего, очень важным является определение особенностей трансформации можжевельниковых лесов. Одним из биоиндикаторов состояния популяции выступает динамика роста и развития побегов. Именно сезонный рост вегетативных органов позволяет оценить воздействие климатических факторов на развитие особи.

Влияние экологических факторов на рост и развитие растений проявляется в различной степени: одни факторы (ведущие) оказывают более сильное воздействие, другие (второстепенные) действуют слабее. Кроме того, факторы могут оказывать влияние как на отдельные аспекты развития растения, так и на весь организм в целом. Реакция вида на изменяющиеся условия среды выражается в его способности приобретать выносливость, выраженную в пластичности структур и функций, выработке адаптивных изменений строения и процессов жизнедеятельности (Горышина, 1979; Al Farsi et al, 2017).

Материал и методика. Изучение особенностей прироста побегов *J. excelsa* проводили на 27 пробных площадях (ПП) размером 0,2 га. Закладывались они в пределах природных популяций на высоте от 25 до 620 м над ур. м. Пробные площади охватывают весь Горный Крым от Севастополя до Судака. И характеризуются различными климатическими и эдафо-орографическими условиями.

Закладку пробных площадей и выделение модельных деревьев (по 10 на каждой пробной площади) проводили с использованием общепринятых в лесоводстве и геоботанике методик. Для оценки годового прироста побегов с каждого модельного дерева брали по одной ветви с южной стороны кроны (Коренькова, 2015). В пределах каждого побега определили прирост за текущий год и за два предшествующих года. Полученные результаты обрабатывали, используя методы вариационной статистики (Лакин, 1990).

При оценке влияния климатических факторов на прирост побегов, пробные площади были разделены на три группы: Западную, Восточную и Южнобережную. Для западной группы использовали данные о среднемесячных осадках Севастопольской метеорологической станции; для Восточной и Южнобережных групп – Феодосийской и Ялтинской метеостанций соответственно.

Результаты. В процессе исследования проводился анализ прироста побегов в период 2019–2021 гг. Установлено, что средний минимальный прирост отмечался у особей Южнобережной группы и составил 1,92 см в 2019 г. (табл.). Максимальный прирост (5,29 см) – в 2021 г. у Западной группы.

Такое существенное отличие в длине побегов (почти в 3 раза) можно объяснить различными климатическими условиями года, в частности, количеством выпавших осадков. По данным К. А. Сергеевой (1971), наиболее критическим в жизни растения периодом является период роста побегов. Прирост побегов можжевельника начинается в первой декаде марта и заканчивается в третьей декаде июня, основываясь на этом подсчитывали количество осадков в период с февраля по июнь (включительно).

В ходе проведенных исследований установлена прямая зависимость годового прироста побегов *J. excelsa* от количества осадков в период с февраля по июнь. Коэффициент корреляции при этом составляет 0,99. С увеличением количества осадков в период роста побегов увеличивается и их прирост. Эта же зависимость прослеживается и в Восточной группе, для которой минимальный прирост отмечен в самый засушливый для данного региона 2020 г. В 2021 г. в период роста побегов на метеостанции г. Феодосия зафиксировано максимальное, для трех территорий, количество осадков, а среднегрупповая величина годового прироста побегов в исследуемом году – минимальная.

Известно, что на прирост побегов древесных растений, кроме климатических условий, могут оказывать влияние и ряд других факторов, среди которых высота над уровнем моря, напрямую связанная с количеством выпавших осадков. В ходе проведенного дифференциального анализа установлено, что сила влияния высоты над уровнем моря в 2021 г. составляет 43 %, а в засушливые годы – 22–23 %. Для дальнейшего анализа использовались данные 2021 г., в результате чего было установлено, что с увеличением высоты над уровнем моря наблюдается увеличение и годового прироста побегов особей. Коэффициент корреляции при этом составляет 0,92. Минимальный прирост отмечен на высоте 40 м над ур. м и составляет 2,93 см. Максимальный прирост зафиксирован у особей Западной группы и в среднем составляет 5,29 см. Именно эта группа характеризуется большими высотами над ур. м.

Таблица

Величина годового прироста *Juniperus excelsa* в Горном Крыму

Расположение ПП	2021		2020		2019	
	L ± I, см	V (%)	L ± I, см	V (%)	L ± I, см	V (%)
г. Курт-Кая	6,88 ± 0,61	25,4	4,25 ± 0,52	33,1	3,11 ± 0,37	33,4
г. Курт-Кая	6,73 ± 0,37	9,5	5,87 ± 0,59	16,8	4,33 ± 0,32	29,0
г. Толака-Баир	6,14 ± 0,49	24,2	3,76 ± 0,30	23,8	3,24 ± 0,25	22,8
г. Кара-Даг	3,47 ± 0,35	26,9	3,30 ± 0,24	19,5	3,36 ± 0,26	20,5
г. Кара-Даг	5,87 ± 0,29	12,1	3,1 ± 0,38	29,7	3,07 ± 0,43	34,2
г. Кара-Даг	5,96 ± 0,61	20,3	1,55 ± 0,18	22,7	1,2 ± 0,14	24,5
г. Самналых	5,00 ± 0,33	13,1	3,12 ± 0,57	36,2	2,93 ± 0,48	32,6
Окр. с. Широкое	3,16 ± 0,41	29,6	2,38 ± 0,46	43,5	2,38 ± 0,28	26,3
г. Кучук-Коль-Бурун	6,40 ± 0,42	15,9	4,40 ± 0,22	11,9	3,2 ± 0,28	21,2
г. Каяташ	5,45 ± 0,24	8,80	3,65 ± 0,80	43,8	3,08 ± 0,68	43,9
г. Чирка-Каясы	4,08 ± 0,35	16,9	3,02 ± 0,39	26,2	2,33 ± 0,23	19,6
Окр. г. Инкерман	5,06 ± 0,11	6,9	3,24 ± 0,22	21,8	2,44 ± 0,30	38,1
Окр. г. Инкерман	4,31 ± 0,23	14,0	2,61 ± 0,24	23,9	2,27 ± 0,29	33,6
Западная группа (среднее значение)	5,29 ± 0,17	28,4	3,34 ± 0,14	37,8	2,89 ± 0,11	33,8
Кол-во осадков, мм	375		255		217	
ур. Батилиман	3,73 ± 0,30	22,7	1,81 ± 0,30	46,8	1,68 ± 0,13	22,1
г. Сарыч	3,45 ± 0,12	11,1	1,93 ± 0,12	20,0	1,77 ± 0,13	22,6
г. Дракон	4,25 ± 0,18	10,4	2,30 ± 0,29	35,3	1,97 ± 0,24	29,8
г. Кошка	4,00 ± 0,50	28,8	2,32 ± 0,34	36,2	1,95 ± 0,25	31,4
г. Крестовая	3,88 ± 0,39	26,7	2,61 ± 0,19	18,8	2,11 ± 0,18	22,9
м. Мартьян	3,50 ± 0,43	29,9	1,83 ± 0,22	28,9	1,65 ± 0,20	29,4
Окр.п.г.т Масандра	3,80 ± 0,23	15,7	2,67 ± 0,25	24,3	2,04 ± 0,10	13,5
б. Семидворская	3,32 ± 0,16	14,3	2,44 ± 0,19	23,1	2,03 ± 0,17	25,3
Южно-береж. гр. (среднее значение)	3,71 ± 0,10	20,8	2,24 ± 0,09	31,6	1,92 ± 0,07	24,3
Кол-во осадков, мм	322		208		156	
г. Япул-Бурун	3,20 ± 0,16	13,0	2,39 ± 0,21	23,3	2,54 ± 0,11	11,1
г. Папая-Кая	2,93 ± 0,53	30,9	2,59 ± 0,23	24,7	2,70 ± 0,47	38,3
г. Коба-Кая	3,15 ± 0,18	16,8	1,98 ± 0,12	18,5	2,04 ± 0,18	26,6
г. Коба-Кая	3,28 ± 0,11	8,0	1,98 ± 0,25	30,1	2,55 ± 0,26	25,2
г. Сокол	2,95 ± 0,31	33,1	2,00 ± 0,26	40,8	2,31 ± 0,19	29,6
г. Каршитерс	5,66 ± 0,25	10,0	2,42 ± 0,47	43,6	3,44 ± 0,26	17,1
Восточная группа (среднее значение)	3,37 ± 0,17	34,4	2,22 ± 0,11	31,3	2,6 ± 0,12	35,3
Кол-во осадков, мм	437		153		250	

Кроме высоты над уровнем моря, на величину годового прироста побегов *J. excelsa* оказывают влияние и эдафические условия района произрастания популяции. На основании этого был проведен сравнительный анализ годового прироста побегов особей, произрастающих в различных почвенных условиях. При этом сила влияния эдаптопа выражена значительно слабее, нежели два предыдущих фактора, и составляет 19 %. Так, максимальный прирост отмечен на пробных площадях, с эдаптопом В₁ и в среднем составляет 3,6 см. Минимальный прирост (2,3 см) – на В₀ и С₁.

По данным, Т.К. Горышиной(1979), наряду с высотой над уровнем моря условия для жизни растений в горах в большой мере определяются экспозицией склона, на которой произрастают особи. В ходе проведенных исследований, установлено, что сила экспозиционного фактора достоверная,

но выражена незначительно и равна 6 % вне зависимости от года. Средний минимальный прирост составляет 3,47 см и отмечен на склонах с северо-восточной экспозицией. Это самые слабо прогреваемые территории. На участках с южной и юго-восточной экспозицией наблюдается средняя степень прироста (4,43 см и 3,82 см соответственно). Исследуемые территории характеризуются высокой прогреваемостью, и при этом значительной степенью иссушения почвы. На пробных площадях с восточной, юго-западной экспозициями отмечается одинаковый средний максимальный прирост – 4,67 см. Подобная закономерность объясняется различием тепло- и влагообеспеченности участков. Можно предположить, что на территориях с восточной и юго-западной экспозициями соблюдается оптимальное соотношение прогревания воздуха и почвы с режимом увлажнения (в частности, скоростью снеготаяния и иссушения почвы).

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что основное влияние на развитие вегетативной сферы *J. excelsa* в условиях Горного Крыма оказывает количество осадков в период с февраля по июнь (включительно). Максимальный прирост побегов отмечался у особей Западной группы в 2021 г. и составил в среднем 5,29 см (при количестве осадков в исследуемый период 375 мм). В меньшей степени длина прироста побегов зависит от высоты над уровнем моря. Сила влияния фактора составляет 43 %. Кроме того, установлена зависимость уровня влияния высотного фактора от количества выпавших осадков. В засушливые годы интенсивность влияния может снижаться в два раза. Выявлена достоверная зависимость степени роста побегов *J. excelsa* от почвенных условий места произрастания и экспозиции склона пробных площадей. Так, благоприятными для развития вегетативной сферы особей *J. excelsa* являются участки с восточной и юго-западной экспозициями. Средний прирост на данных территориях составляет 4,67 см. Среди почвенных условий максимальный прирост отмечается на участках с сухими субориями.

ЛИТЕРАТУРА

- Горьшица Т. К.** Экология растений: Учеб. пособие – М.: Высш. школа, 1979. – 368 с.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
- Коренькова О. О.** Морфологические особенности хвои крымской популяции *Juniperus foetidissima* Willd. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия, 2015. – Т. 1 (67), № 1. – С. 54–59.
- Сергеева К. А.** Физиологические и биохимические основы зимостойкости древесных растений. – М.: Наука, 1971. – 174 с.
- Фатерыга В. В.** Можжевельник высокий / Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 64.
- Фатерыга В. В., Бондарева Л. В.** Можжевельник высокий / Красная книга города Севастополя. – Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. – С. 30.
- Adams R. P.** The Junipers of the world: The genus *Juniperus*. 4sd ed. – Trafford Publ., Victoria, BC, 2014. – 422 pp.
- Al Farsi Kh. A. A. Y., Lupton D., Hitchmough J. D., Cameron R. W. F.** How fast can conifers climb mountains? Investigating the effects of a changing climate on the viability of *Juniperus seravschanica* within the mountains of Oman, and developing a conservation strategy for this tree species // Journal of Arid Environments, 2017. – Vol. 147. – P. 40–53. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2017.07.020
- Farjon A.** A Handbook of the World's Conifers. – Brill: Leiden & Boston, 2017. – 1154 pp.
- Yousefi S., Avand M., Yariyan P.** Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* specie using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran // Ecological Informatics, 2021. – Vol. 65. – P. 101427. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2021.101427